



长兴潜堤后方滩涂圈围工程疏浚土利用研究*

程海峰¹, 刘杰¹, 寇军², 高占学³, 赵德招¹

(1. 上海河口海岸科学研究中心, 河口海岸交通行业重点实验室, 上海 201201;

2. 长江口航道管理局, 上海 200003; 3. 上海勘测设计研究院, 上海 200434)

摘要: 疏浚土正逐渐成为长江口滩涂造地泥沙资源供给的有效补充。长兴潜堤后方滩涂圈围工程紧邻长江口12.5 m深水航道南港圆沙段, 航道疏浚土利用的区位优势显著。在调查掌握南港圆沙段航道疏浚土产量、分布、土质及稳定性的基础上, 针对圈围工程特点, 比选适合的疏浚吹填工艺, 并提出可行的吹泥上滩技术方案。结果表明: 南港圆沙段航道疏浚土产量丰富稳定、运距短且土质条件较好, 可满足圈围工程吹填用砂的要求。各类疏浚吹填工艺中, 船吹和耙吸装驳工艺的技术适用性较好, 现阶段可采用技术成熟的船吹方案进行疏浚吹填, 而耙吸装驳方案可作为备选, 待2013年底正式投入运营时可应用于圈围工程。研究成果为圈围工程吹填开辟了砂源, 实现了航道疏浚与圈围造地的双赢。

关键词: 长兴岛; 圈围工程; 长江口深水航道; 疏浚土; 疏浚吹填工艺

中图分类号: U 616^{+.6}

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)11-0018-07

Utilization of dredged soil in tidal flat reclamation project in the rear of Changxing submerged breakwater

CHENG Hai-feng¹, LIU Jie¹, KOU Jun², GAO Zhan-xue³, ZHAO De-zhao¹

(1. Key Laboratory of Estuarine & Coastal Engineering, Ministry of Transport, Shanghai Estuarine and Coastal Science Research Center, Shanghai 201201, China 2. Yangtze Estuary Waterway Administration Bureau, MOT, Shanghai 200003, China;

3. Shanghai Investigation, Design & Research Institute, Shanghai 200434, China)

Abstract: The dredged soil is gradually becoming the effective supplement of sediment resource in the Yangtze estuary. Since the tidal flat reclamation project behind Changxing submerged breakwater is adjacent to the deepwater channel of 12.5 m in South Channel of the Yangtze estuary, the utilization of dredged soil in channel has a significant advantage in geographic location. Based on the investigation of the dredged soil conditions, according to the characteristics of the reclamation project, this article selects the suitable dredging and filling process, and puts forward the feasible technical scheme. The results show that the deepwater channel dredged soil in the section of South Channel to Yuanyuan shoal has the characteristics of abundant and stable production, short transportation distance, and good condition of soil texture, which can satisfy the requirements of sediment in the reclamation project. In all kinds of dredging and filling process, bow-blowing technology and trailing suction hopper dredger (TSHD) loading barge technology have well applicability in the project. The bow-blowing technology is mature, and can be applied. And the TSHD loading barge technology as an alternative can be used when putting into operation formally at the end of 2013. The research results reveal the sediment resource for the tidal flat reclamation project, and achieve a win-win situation of channel dredging the channel and land reclamation.

Key words: Changxing island; reclamation project; Yangtze estuary deepwater channel; dredged soil; dredging and filling process

收稿日期: 2013-08-25

*基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划项目(12231203103); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201301020); 交通运输部科技项目(2011328A0670); 交通运输部科技项目(2012329A06040)

作者简介: 程海峰(1983—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事河口海岸泥沙及港口航道工程研究。

近年来, 长江口上游来沙量持续减少, 河道许可采砂量在相关管理机制下逐步得到控制, 且长江口水域浅层可采的优质砂源也已出现紧缺局面, 长江口泥沙的可供给量极为有限。同时, 随着上海经济的发展和“四个中心”建设的深入推进, 城市建设对土地的需求仍然强烈, 长江口泥沙资源需求量日益增加, 尤其在“十二五”规划期内, 上海市滩涂促淤圈围需砂量较大, 预计在 3.3亿 m^3 以上。可见, 长江口滩涂造地吹填砂源的供需关系日趋紧张^[1]。而疏浚土作为宝贵资源, 能用于吹填造地, 且在国内外吹填造陆工程中已有不少成功实践^[2-3], 其正逐渐成为长江口滩涂造地泥沙资源供给的有效补充。积极推进长江口港口航道疏浚土利用, 可有效缓解长江口泥沙资源的供需矛盾。

一方面, 拟建的长兴潜堤后方滩涂圈围工程(下称“圈围工程”)与疏浚土产量丰富的长江口 12.5 m 深水航道相邻, 与河道采砂相比, 利用深水航道疏浚土进行围内吹填的运距优势十分明显; 另一方面, 疏浚土吹泥上滩可以有效降低疏浚土外抛量, 从而减少泥沙资源的浪费、削弱疏浚土

外抛对水域环境的影响。因此, 有必要对航道疏浚土情况及疏浚吹填工艺方案进行研究, 以期为圈围工程利用疏浚土实施吹填提供技术参考, 实现圈围造地与航道疏浚的双赢。

1 工程概况

圈围工程位于长兴岛东南角, 长江口北槽与横沙通道交汇水域(图1)。圈围工程南边界为长江口深水航道治理工程的长兴潜堤, 西至长兴岛现有海塘, 东至横沙通道水域规划驳岸线, 北侧与毛竹圩滩涂圈围达标工程顺堤平顺衔接^[4]。圈围工程主要利用已建长兴潜堤, 对其后方滩涂进行圈围及围内吹填, 吹填设计高程为 3.80 m , 吹填用砂约 710万 m^3 , 工期1年, 圈围工程竣工后将满足入驻企业对土地和岸线资源的需求。

长江口 12.5 m 深水航道于2010年3月贯通。与圈围工程紧邻的南港圆圆沙段航道(包括W0-W1的南港内航道和W1-W2的圆圆沙航道, 图1)纵向长 27.0 km , 是深水航道高回淤段之一, 其年回淤量、疏浚量均在 2000万 m^3 左右, 约占全航道总量的25%, 可为圈围工程提供吹填泥沙资源。

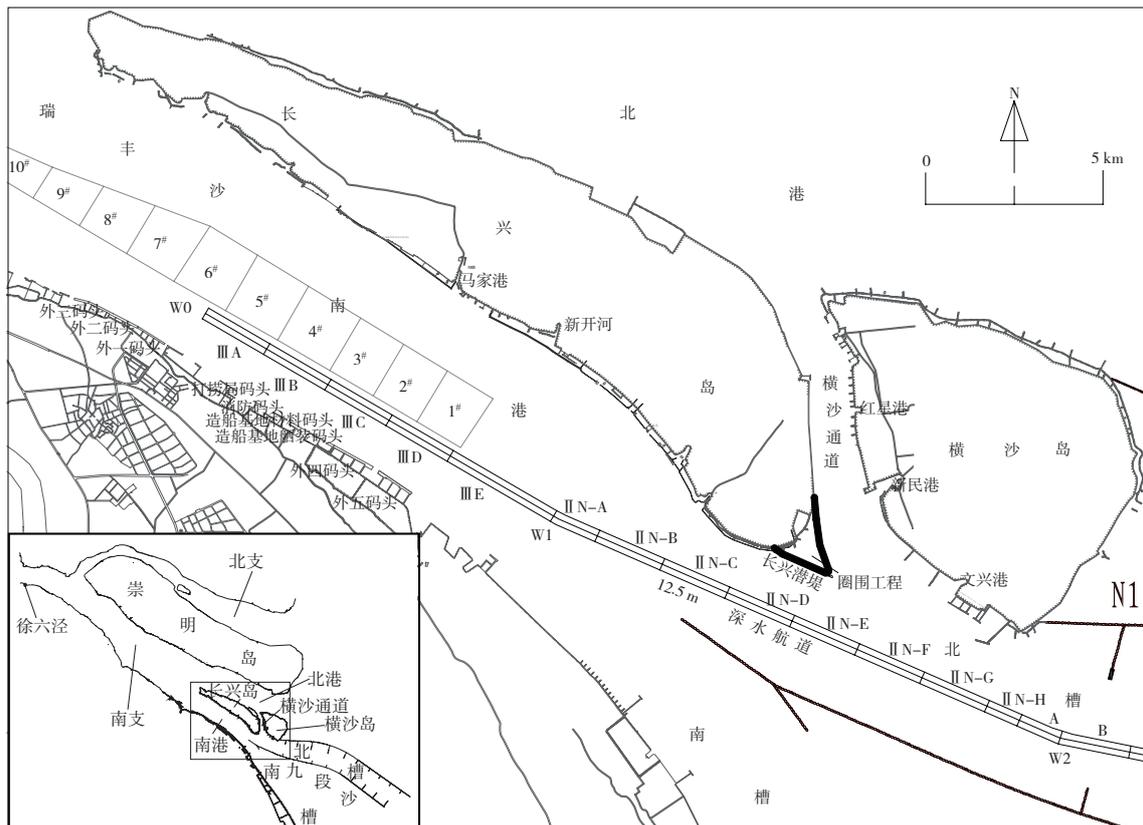


图1 长兴潜堤后方滩涂圈围工程及长江口 12.5 m 深水航道(南港圆圆沙段)

2 深水航道疏浚土资源情况

2.1 产量及分布

从12.5 m深水航道开通后的实测回淤资料来看(表1),南港圆圆沙段航道疏浚土年产量总体维持在2 000万m³左右,能够满足圈围工程1年

710万m³的吹填需砂量。此外,该段航道疏浚土月产量基本可维持在100万m³以上,平均约为191万m³。可见,南港圆圆沙段深水航道疏浚土不仅产量丰富,而且能连续地、源源不断地为圈围工程吹填施工供砂。

表1 12.5 m开通以来南港圆圆沙段航道年度及月均回淤、疏浚量 万m³

年份	年回淤总量	月均回淤量	年疏浚总量	月均疏浚量
试通航1年(2010-04—2011-03)	2 213	184	2 218	185
2011年(2011-01—2012-12)	2 812	234	2 746	229
2012年(2011-01—2012-12)	1 828	152	1 911	159
平均值	2 284	190	2 292	191

南港圆圆沙段航道年回淤强度较大即疏浚土资源多的区段主要有两段,分别位于南港内航道下段III-C~III-E单元和圆圆沙航道中段IIN-C~IIN-G单元(图2)。南港内航道III-C~III-E单元距圈围工程的直线距离在8.0~14.0 km(图1),平均约为11.0 km;圆圆沙航道IIN-C~IIN-G单元紧邻圈围工程,最近距离仅为1.5 km,最远在6.0 km左右,平均运距约为4.0 km。可见,利用南港内航道下段和圆圆沙航道中段疏浚土进行吹填的运距优势均较明显。

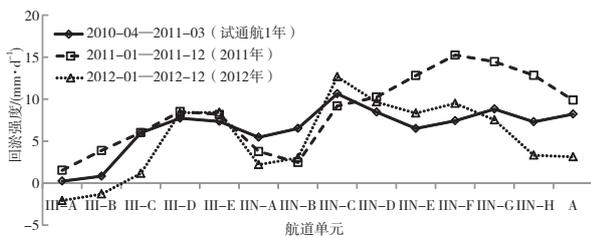


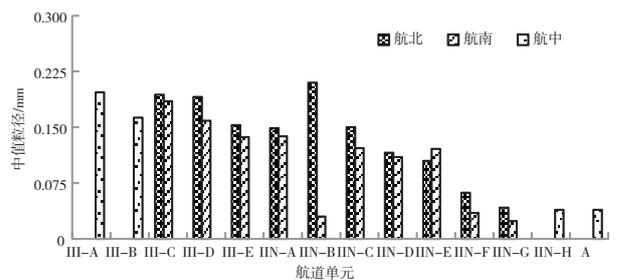
图2 南港圆圆沙段航道年回淤强度纵向分布

2.2 土质

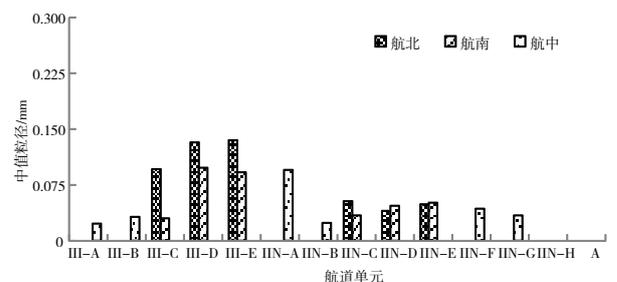
疏浚土作为圈围工程吹填土,其土质直接关系到吹填区后期地基处理以及成陆速度。根据2012年洪枯季2次航道底质采样结果(图3)可知,南港圆圆沙段航道泥沙以砂粒(粒径0.075~0.5 mm)和粉粒(粒径0.005~0.075 mm)为主,洪枯季全段平均中值粒径约为0.095 mm。按吹填土质分级标准统计,南港圆圆沙段航道疏浚土中砂粒的含量平均约为57.5%,同时粒径小于0.005 mm的黏粒含量仅在5.3%左右。

南港圆圆沙段航道泥沙颗粒在时间上表现为

洪季整体粗于枯季的变化特点;在空间上呈现南港内航道泥沙颗粒粗于圆圆沙航道,航道北侧略粗于南侧的分布特征(图3)。



a) 2012年洪季(9月)



b) 2012年枯季(2月)

图3 南港圆圆沙段航道内泥沙中值粒径分布

综上所述,对于吹填用砂而言,南港圆圆沙段航道疏浚土土质整体较好,属优质吹填土,可满足圈围工程吹填施工要求。此外,南港内航道至圆圆沙航道上段洪季疏浚土的土质相对更优,可优先考虑利用。

2.3 稳定性

南港圆圆沙段航道的回淤主要与长江口潮流相互作用下河段的自然演变有关,在目前南港北槽深水航道工程条件和常规水文、泥沙、气象

条件下, 南港—北槽进口段的河势格局不会出现明显变化, 南港圆圆沙段航道的回淤亦不会有大的改变。

综合历史数据统计和数学模型预测成果可知, 南港圆圆沙段航道年回淤量及疏浚土产生量仍将维持在2 000万 m^3 左右, 且其空间分布趋势亦不会有明显变化, 疏浚土资源稳定性较好, 基本能够满足圈围工程围区吹填对吹填土源的储量要求。

3 疏浚吹填工艺比选

疏浚吹填工程各类常用施工方式的适用条件有所不同, 根据长江口航道疏浚土吹填造陆工程的实践经验和12.5 m深水航道疏浚量大、强度大的实际情况, 能够适用于长江口深水航道疏浚土吹填造陆的施工工艺类型主要有: 挖抛吹工艺, 船吹工艺和新研究开发的耙吸装驳工艺^[5]。

3.1 工艺适用性

1) 挖抛吹工艺。

挖抛吹工艺主要由自航耙吸船挖泥后运输至吹泥站抛卸, 然后采用吹泥机具(绞吸式挖泥船或专用吸泥船吹排泥), 通过输泥管线将耙吸挖泥船抛入吹泥站内的疏浚土输送至吹填区内。

根据以往长江口深水航道疏浚土吹泥上滩的实践经验, 挖抛吹工艺对挖泥船疏浚航道时间影响小, 航道疏浚效率高, 较适用于航道疏浚强度较高的长江口深水航道疏浚维护工程。挖抛吹工艺在横沙东滩促淤圈围工程中应用较为广泛且技术成熟, 需要配备的施工船舶如自航耙吸挖泥船(“长江口1号”、“长江口2号”、“新海凤”、“新海龙”等)和绞吸船(“浏河沙号”等)亦较为充足、可靠。但是, 在施工过程中需要建设专用吹泥站, 同时存在泥土流失、疏浚土利用率低等问题^[2]。

挖抛吹工艺对专用吹泥站建设的要求较高。首先, 为尽量减少泥土流失, 需要在水动力较弱水域建设吹泥站, 根据以往工程经验, 如横沙东滩促淤圈围工程, 吹泥站均建在北槽受导堤、丁坝掩护的弱动力区域内。其次, 吹泥站的设计水深必须满足自航耙吸挖泥船吃水深度要求(长江

口常用耙吸挖泥船满载吃水在8.0~11.0 m, 从2012年8月圈围工程周边水深测图来看(图4), 圈围工程南侧河床地形水深大多在6 m以上, 局部最浅水深为5.7 m, 其中靠近上游的长兴潜堤尾部区域水深较好, 基本在8.0 m以上; 圈围工程东侧河床水深条件相对较好, 均深于8.0 m, 但该水域位于横沙通道内, 河道宽度窄, 8.0 m水深主槽宽度仅为0.5 km, 设置吹泥站会对往来船舶通航带来较大影响。因此采用该工艺进行疏浚吹填, 需要在与圈围工程邻近的长兴潜堤尾部南侧水域开挖吹泥站。但根据数学模型计算结果, 该水域大潮期潮平均流速达1.0 m/s左右, 水动力较强, 因此耙吸挖泥船抛卸的疏浚土容易随水流扩散, 无法贮存, 同时还会对水域环境、航道回淤产生影响。

综上所述, 圈围工程周边水动力条件不能满足建设吹泥站的技术要求, 挖抛吹工艺不适用。

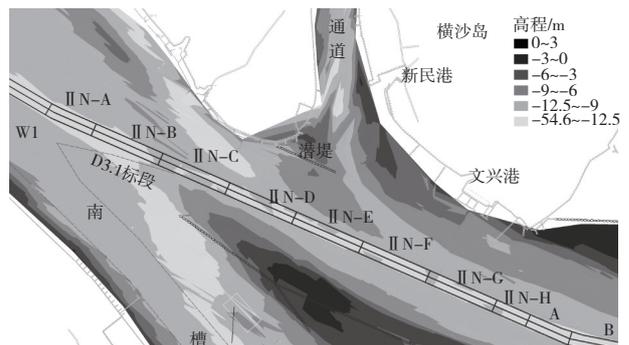


图4 2012年8月圈围工程周边水域水下地形

2) 船吹工艺。

船吹工艺主要是由带船吹功能的自航耙吸船挖泥并运至船吹站, 通过连接船吹站吹泥管线, 直接船吹疏浚土至围区内。船吹施工工艺简单、成熟、可靠, 并且没有抛泥环节, 避免了抛泥过程中泥土流失对周边环境的影响。但是由于船吹过程占用耙吸船较多时间, 会降低航道疏浚的施工效率^[2]。

与挖抛吹工艺相同, 船吹工艺对耙吸船靠泊水域的水深要求也较高, 长江口带船吹功能的耙吸挖泥船重载吃水深度在8.0~11.0 m, 据前文对挖抛吹工艺吹泥站布设位置的分析, 可在长兴潜堤尾部南侧水域开挖水深满足要求的船吹站及进出航道供耙吸船靠泊和航行。

受艚吹船吹泥能力限制,目前艚吹工艺能适应的最长吹距为5.0 km。圈围工程距其南侧圆圆沙航道的距离仅为1.5 km(图1),吹距基本可限制在1.0 km以内,符合艚吹工艺的吹距要求。

根据对船舶配备情况的调研,目前长江口带艚吹功能的自航耙吸挖泥船较多,如“长江口1号”、“长江口2号”、“新海凤”、“新海龙”等,通过协调安排艚吹耙吸船疏浚施工的区域及时段,在保证航道疏浚施工效率的同时,圈围工程所需艚吹船舶应能得以保证。

由上可见,艚吹工艺适用于圈围工程围内吹填施工。

3) 耙吸装驳工艺。

耙吸装驳工艺主要是由自航耙吸船挖泥后装入艚带泥驳,泥驳运送疏浚土至吹填区旁,用吹泥装置(吹泥船、绞吸机或泥浆泵)将疏浚土吹填至围区内。耙吸装驳工艺不仅疏浚土利用率高、没有泥土流失,而且不影响航道疏浚效率^[2],同时吹填施工水域深度要求也较浅,能较好地解决挖抛吹及艚吹工艺中存在的问题。

2011年交通运输部长江口航道管理局在长江口成功组织开展了多次耙吸装驳施工工艺的现场试验研究,取得了很好的效果。实践证明,在长江口常规工况条件下耙吸装驳施工工艺可行。

长江口专用于实施耙吸装驳工艺的耙吸挖泥

船有2艘,“长江口1号”和“长江口2号”,均已建成使用。另外,4艘专用泥驳船已完成设计,正在建造过程中,计划于2013年年底完工并投入使用。

耙吸装驳工艺对吹填施工水域水深要求不高,只需满足泥驳船及吹泥船吃水标准即可。目前,4艘专用泥驳船的设计满载吃水为7.3 m,而吹泥船一般为3.0~4.0 m,因此圈围工程周边邻近水域基本可以满足水深要求。

据上分析,耙吸装驳工艺能适用于圈围工程,但目前施工技术不够成熟,还需进一步现场试验研究,且工艺所需的泥驳船还在建造中,故可作为备选工艺,待技术试验成熟、所需船舶投入使用时再应用于圈围工程。

3.2 吹泥效率及成本

按照挖抛吹、艚吹及耙吸装驳工艺常用的施工船舶估算,各工艺船舶的吹泥施工效率均能满足工程施工进度要求(表2)。根据圈围工程实际情况,对吹泥成本综合单价进行了调研估算,挖抛吹工艺吹泥单价较高,为27.06元/m³;艚吹工艺吹泥单价为24.49元/m³;耙吸装驳工艺相对最为经济,吹泥单价为22.02元/m³。但是,圈围工程若采用前期研究建议的采砂方案,将在N23潜堤东侧横沙浅滩水域采砂进行围区吹填,则成本单价达40~50元/m³。可见,利用疏浚土进行围区吹填能够节约较多成本,经济性好。

表2 不同疏浚吹填工艺的吹泥效率与成本估算

工艺	常用施工船舶配备	吹泥效率/(万m ³ ·月 ⁻¹)	吹泥成本/(元·m ⁻³)	圈围工程吹泥要求/(万m ³ ·月 ⁻¹)
挖抛吹	1艘12 000 m ³ 耙吸挖泥船、1艘2 000 m ³ /h绞吸挖泥船	76.67	27.06	71.0
艚吹	2艘12 000 m ³ 耙吸挖泥船	80.50	24.49	71.0
耙吸装驳	2艘12 000 m ³ 耙吸挖泥船(长江口1号、2号) 1艘2 000 m ³ /h吹泥船、3艘6 000 m ³ 泥驳船(建造中)	76.67	22.02	71.0

3.3 综合比选

挖抛吹工艺因圈围工程周边水域条件限制不适用于圈围工程。而通过合理布置艚吹站,艚吹工艺对施工水域水深、吹距的技术要求均可得到满足,在协调好艚吹船舶疏浚作业的基础上,艚吹工艺能较好地适用于圈围工程吹填施工。耙吸装驳工艺在保证疏浚效率和节约吹泥成本等方面具有一定优势,但其施工技术目前还处于现场

试验研究阶段,可供借鉴的工程实际施工经验很少,而且所需泥驳船还处于建造阶段,预计在2013年底建成并投入使用,故暂不推荐。

综合考虑圈围工程的建设周期及现场施工条件,建议现阶段采用耙吸挖泥船艚吹施工工艺进行吹填施工。另外根据工程施工进展情况,在技术试验成熟且船舶配备齐全时,耙吸装驳工艺可应用于圈围工程。

4 疏浚土吹泥上滩技术方案

4.1 船吹方案

船吹施工工艺流程如图5所示, 耙吸挖泥船挖满泥后, 自航至吹填工程区, 再由其自带的吹泥设备连接吹泥管线进行船吹吹填施工。根据调研, 长江口航道疏浚带船吹功能自航式耙吸挖泥船较多, 圈围工程可选择舱容在12 000 m³以上的船舶进行疏浚吹填施工, 主要以“长江口1号”、“长江口2号”、“新海凤”和“新海龙”等为代表, 其船型参数见表3。

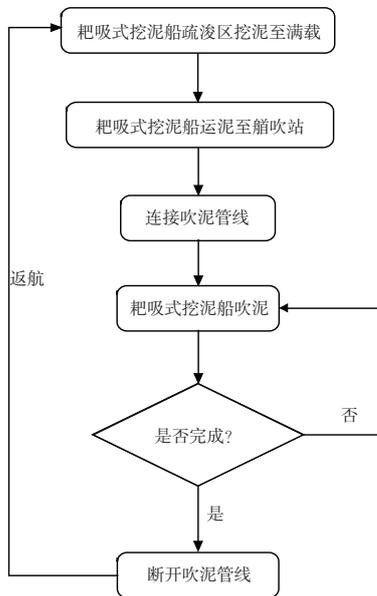


图5 船吹施工工艺流程

表3 长江口船吹自航耙吸挖泥船代表船型主要参数

船型	舱容/m ³	船长/m	船宽/m	满载吃水/m
长江口1号	12 000	132.0	27.3	8.3
长江口2号	12 000	132.0	27.3	8.3
新海凤	16 888	160.0	27.0	10.2
新海龙	12 888	152.7	27.0	9.0

4.2 耙吸装驳方案

耙吸装驳工艺是由自航耙吸挖泥船挖泥并装入艏带泥驳, 泥驳运送疏浚土至吹填工程区, 再由吹泥船将疏浚土吹填至围区内, 施工工艺流程见图6。耙吸装驳施工工艺采用专为其设计建造的耙吸挖泥船(母船)和泥驳(子船)进行疏浚土吹填施工, 其船型参数见表4。

5 结语

长江口12.5 m深水航道南港圆圆沙段疏浚土产量丰富、稳定(年产量可维持在2 000万m³左右), 运距优势明显(平均运距为9.5 km, 最近仅1.5 km), 且土质条件总体较好, 能够满足圈围工程吹填用砂的要求。其中, 南港内航道至圆圆沙航道上段洪季疏浚土土质更优, 可优先利用。

对比适用于长江口深水航道疏浚土吹填造陆的挖抛吹、船吹和耙吸装驳工艺可知, 3种工艺的吹泥效率均能满足圈围工程需要, 且经济性较

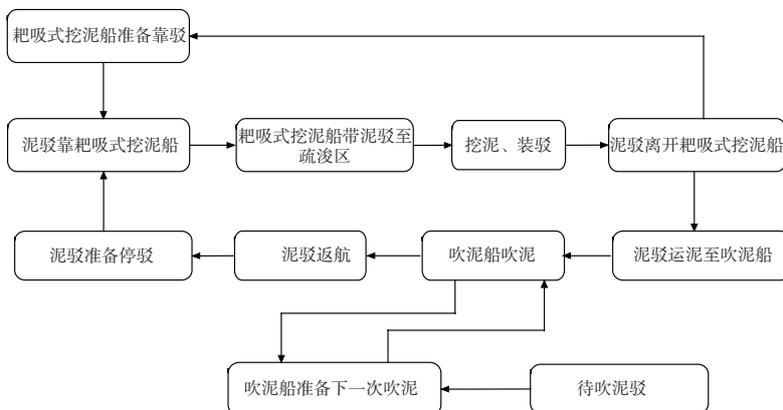


图6 耙吸装驳施工工艺流程

表4 耙吸装驳工艺专用耙吸挖泥船船型参数

专用泥驳	船型	舱容/m ³	船长/m	船宽/m	型深/m	满载吃水/m	重载航速/kn
母船	长江口1号	12 000	132.0	27.3	10	8.3	15
	长江口2号	12 000	132.0	27.3	10	8.3	15
子船	泥驳(1~4号)	6 000	97.7	20.0	9	7.3	12

好。但仅艏吹和耙吸装驳工艺适用于圈围工程，而挖抛吹工艺因圈围工程周边水域水动力较强，吹泥站无法贮留抛卸的疏浚土，不推荐使用。

结合圈围工程施工期限，现阶段可采用技术成熟的艏吹方案进行疏浚吹填。耙吸装驳方案作为备选，在专用泥驳正式投入运营且工艺现场试验成熟时，可应用于圈围工程的围内吹填施工。

参考文献：

[1] 赵德招, 刘杰. 新形势下长江口泥沙资源的供需关系及优化配置初探[J]. 泥沙研究, 2011(6): 69-74.

[2] 上海河口海岸科学研究中心. 长江口航道疏浚土资源调查分析和造地利用研究[R]. 上海: 上海河口海岸科学研究中心, 2011.

[3] 付桂, 赵德招. 国内外疏浚土综合利用现状对比分析[J]. 水运工程. 2011(3): 90-96.

[4] 上海勘测设计研究院. 长兴潜堤后方滩涂圈围工程项目建议书[R]. 上海: 上海勘测设计研究院, 2012.

[5] 程海峰, 刘杰. 长江口深水航道疏浚土“十二五”造地利用技术方案研究[C]//中国海洋工程学会. 第十五届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集. 北京: 海洋出版社, 2011: 1 125-1 128.

(本文编辑 郭雪珍)

· 消 息 ·

印度公司向振华重工采购港机

近日，印度杜蒂戈林港DBGT公司运营的集装箱码头向振华重工采购3台岸桥。该批设备将于2015年初交付用户使用。

此次采购的岸桥为吊具下64 t，起升高度38 m，前伸距47 m，系DBGT公司首次向振华重工采购。

DBGT公司管理层表示，振华重工的ZPMC港机在全球范围内性价比最高，因此在采购选择上最终选定了ZPMC。

杜蒂戈林港位于印度半岛最南端，为了更好地服务南亚客户以及印度南部客户，杜蒂戈林港将在科学规划中进一步提升集装箱装卸实力。双方的此次合作，为今后开展更广泛合作打下了坚实基础。

摘编自《中国交通建设网》

振华重工向中石油交付铺管船

10月30日，振华重工在公司下属石油平台及海上风电项目部，向中石油用户交付“中油管道601”海洋石油铺管船。在该项目中，振华重工承担了起质量为1 600 t的全回转起重机和石油管道托管架的建造。

“中油管道601”铺管船是中石油管道局为发展海洋起重铺管业务而打造的特种工程船，也是中石油集团最大的铺管船，具备起重吊装、海管铺设、海上生活支持三大功能。该船具有全天候吊装、360°无盲区起吊重物的功能。在全回转状态下，最大可起吊1 200 t，而在定向起吊海上重物时，起吊能力可达1 600 t。

由于起重机体型庞大，整体重量较大，振华重工在生产中进行分段、分部安装，为吊车整体安装、就位创造良好条件。在现场组装、安装过程中，遵循先下后上、先主体后局部的安装方针，认真检查安装过程的每一个细节，发现任何隐患及时排除，增加了起重机安装就位的安全系数。

这艘起重铺管船的顺利交付为振华重工与中石油天然气管道局在今后建立更广泛、更长久的合作奠定了良好的开端。该船交付后将首航赴非洲作业，承担坦桑尼亚海底天然气管道项目的施工。

摘编自《中国交通建设网》